

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

---

УДК 625.85

### КОМПЛЕКСНЫЙ ОРГАНО-ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПОКРЫТИЙ УЛИЦ И ДОРОГ. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ОБЩИЙ АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

*А. А. АФАНАСЕНКО*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Асфальтобетон является одним из наиболее часто используемых материалов для строительства дорожного покрытия благодаря своим потребительским свойствам и экономической целесообразности. Однако со временем асфальтобетонные дорожные покрытия разрушаются под воздействием погодных-климатических факторов и транспортных нагрузок. Традиционно подход к решению проблемы ухудшения дорожного покрытия заключается в демонтаже и замене поврежденных участков новым асфальтобетоном. Однако этот процесс не только дорогостоящий, но и экологически не безопасен, поскольку способствует накоплению отходов и выбросам углекислого газа.

Регенерация асфальтобетонного покрытия стала более устойчивой и экономически эффективной альтернативой традиционным методам ремонта дорожного покрытия. Регенерация подразумевает повторное использование существующего асфальтобетона путем переработки с добавлением новых материалов для улучшения его качества и долговечности. Использование процесса регенерации асфальтобетонного покрытия имеет ряд преимуществ. Во-первых, уменьшается количество отходов, образующихся при строительстве и содержании дорог, что способствует защите окружающей среды. Во-вторых, снижается стоимость строительства и содержания дорог за счет повторного использования существующих материалов, что особенно важно для районов с ограниченным бюджетом. В-третьих, повышается долговечность и прочность дорожного покрытия, что делает его более устойчивым к повреждениям от атмосферных воздействий и транспортных нагрузок.

Регенерация асфальтобетонного покрытия давно интересует дорожное научное сообщество и широко изучается учеными и инженерами, чтобы понять ее техническую сущность и эффективность, а также экономическую и экологическую целесообразность [1, 2]. Исследователи изучали различные аспекты этого процесса, такие как качество переработанных материалов, эксплуатационные характеристики регенерированного дорожного покрытия и воздействие процесса на окружающую среду [3–8]. Результаты этих исследований показали, что регенерация является жизнеспособной и эффективной альтернативой традиционным методам ремонта дорожного покрытия.

С учетом общемировых тенденций по защите окружающей среды и экономической целесообразности использования вторичных ресурсов международным коллективом в составе белорусских и китайских ученых и инженеров в рамках международного сотрудничества «Студия выдающихся зарубежных ученых по экологически чистым низкоуглеродным технологиям строительства и содержания дорожных покрытий» были произведены экспериментальные исследования и разработан материал, технология и оборудование по холодной регенерации дорожного асфальтобетонного покрытия. В нормативной и технической литературе данное направление известно под наименованием *Multiplex Organic Hydraulicity materials* (комплексный органо-гидравлический материал).

Первым этапом рабочего процесса при выполнении работ по технологии холодной регенерации асфальтобетонного покрытия на месте является тщательная оценка текущего состояния дорожного покрытия с целью выявления характерных участков и определения недопустимых дефектов и разрушений, требующих особого технологического вмешательства, после чего определяется общий объем планируемых работ. Дополнительно, в случае необходимости, выполняется механизированная очистка покрытия от грязи и пыли. Эта операция направлена на обеспечение оптимальных условий для последующих технологических шагов.

Первым этапом технологического процесса являются работы по фрезерованию верхних слоев дорожного покрытия. Данный этап представляет собой механизированную операцию, направленную на послойное снятие старого асфальтобетонного материала. Этот процесс направлен на получение фрезерованного старого асфальтобетона (асфальтогранулята) заданной крупности, который будет использоваться в последующих технологических операциях.

Следом за проведением операции по фрезерованию дорожного покрытия производится процедура, связанная с разделкой и герметизацией трещин (с шириной раскрытия более 5 мм). В процессе разделки, используя специализированные инструменты и техника с последующей герметизацией при помощи применения специальных герметизирующих материалов. Эти материалы создают устойчивую и герметичную структуру, цель которой заключается в предотвращении негативного воздействия влаги. Такие дополнительные технологические шаги в виде разделки и герметизации трещин дополняют общий процесс регенерации и модернизации дорожного покрытия, повышая его долговечность и устойчивость к внешним воздействиям.

Следующий важный этап проведения ремонтных работ – это устройство на покрытии тонкого герметизирующего трещинопрерывающего слоя. Данная мера направлена на создание дополнительной защитной структуры, способной предотвратить растягивающие напряжения в зоне действия трещин, что позволит существенно снизить вероятность отраженного трещинообразования в новом слое дорожного покрытия. Таким образом производится устройство тонкого защитного слоя, при котором осуществляется синхронное, практически одновременное распределение вяжущего и россыпь щебня (рисунок 1). При синхронном распределении вяжущего и щебня разрыв между операциями не превышает 1 с, что существенно сказывается на повышении качества слоя, особенно при использовании в качестве вяжущего модифицированной битумной эмульсии. Отличительной особенностью примененной технологии является то, что синхронно, перед распределением щебня, производится россыпь стекловолокна. Такой подход, сочетающий синхронное распределение вяжущего, россыпи щебня и волокон, представляет собой оптимальную технологию для достижения высокой эффективности и долговечности герметизирующего трещинопрерывающего слоя дорожного покрытия.

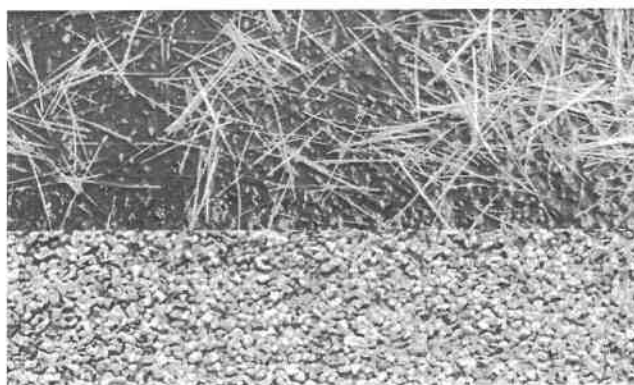


Рисунок 1 – Устройство герметизирующего трещинопрерывающего слоя

Основным и критически важным этапом в устройстве дорожного покрытия является процесс смешения и укладки специальной смеси. Для эффективного выполнения этой задачи в рамках проведенной научно-исследовательской работы китайскими специалистами был разработан и внедрен передвижной комплекс по холодному смешению регенерированного материала непосредственно на дороге, с применением 100 % старого асфальтобетона (RAP). Смеситель играет ключевую роль в процессе проведения мероприятий по восстановлению эксплуатационных характеристик дорожного покрытия. Его конструкция и функциональность оптимизированы для равномерного и интенсивного смешивания компонентов. Основные элементы смесителя обеспечивают эффективное перемешивание старого измельченного в процессе фрезерования асфальтобетона, с вяжущими материалами, в данном случае, модифицированной битумной эмульсией, цементом и небольшим количеством воды, обеспечивая однородность и стабильность конечного материала, уложенного в дорожное покрытие.

Смешанная композиция подается на устройство для укладки. Специальный мобильный асфальтосмеситель обеспечивает эффективную подачу смеси на поверхность дороги. Этот процесс требует точности и согласованности для обеспечения равномерного распределения и создания красивого ровного покрытия (рисунок 2). Мобильный характер асфальтосмесителя позволяет оптимизировать его размещение в различных рабочих условиях.

Заправка машины эмульсией, цементом и водой производится в начале рабочей смены. Работы начинаются только после тщательной проверки всех систем и механизмов для регенерации. Первую захватку на объекте производят в пробном режиме. Первоначальную скорость мобильного асфальтосмесителя выбирают минимальной, далее, в зависимости от получаемого качества измельчения и перемешивания материалов старой дорожной одежды, скорость может быть изменена.

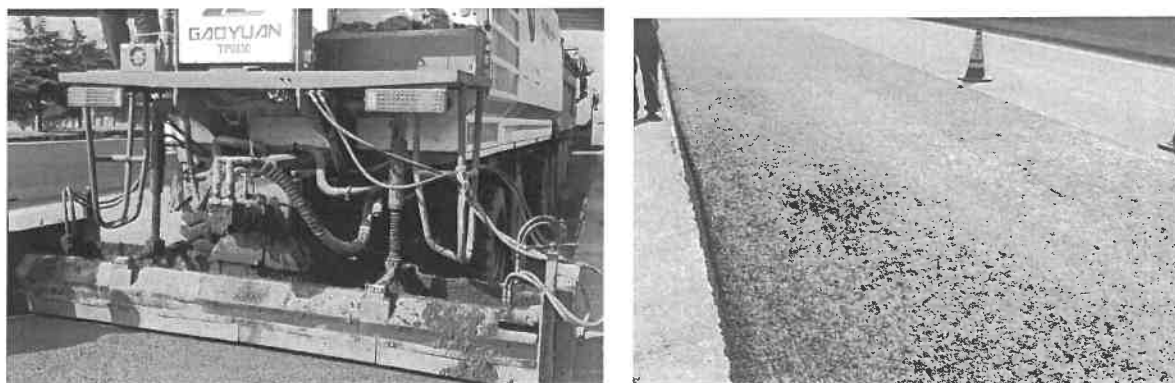


Рисунок 2 – Общий вид технологического процесса и устроенного слоя

Завершающим этапом проведения работ является уплотнение уложенной смеси специализированным звеном катков. Катки применяются для равномерного распределения и уплотнения регенерированной асфальтобетонной смеси. Они выполняют важную функцию в устранении воздушных полостей, повышении плотности и улучшении адгезии между частицами материала. Тщательное и эффективное уплотнение является необходимым шагом для создания высококачественного и стойкого дорожного покрытия. Использование специализированного звена катков обеспечивает точное давление и оптимальную скорость, соответствующую особенностям регенерируемого материала. Это позволяет достичь оптимальной плотности покрытия и уменьшить риски появления дефектов, а также повысить его стойкость к воздействию внешних факторов.

В заключение следует отметить, что регенерация асфальтобетонного покрытия предлагает устойчивое и экономически эффективное решение для содержания и строительства дорог. Этот процесс включает в себя переработку и повторное использование существующих материалов для создания новых и более прочных покрытий. По мере проведения дальнейших исследований регенерация, вероятно, станет все более популярным подходом к строительству и содержанию дорог, помогая снизить затраты и одновременно защищая окружающую среду.

#### Список литературы

- 1 **Smith, J. R.** Recycling and reclamation of asphalt pavements using in-place methods / J. R. Smith, A. B. Johnson // Transportation Research Board, 2018.
- 2 **Zhang, M.** Recycling of waste asphalt pavement in asphalt mixtures: A review / M. Zhang, B. Huang, Z. Leng // Construction and Building Materials. – 2016. – Vol. 119. – P. 222–231.
- 3 **Sadek, H.** Evaluation of the effects of asphalt rejuvenators on the properties of aged asphalt / H. Sadek, H. Ozer. – 2019.
- 4 **Khan, M. S. H.** Laboratory investigation of the effect of rejuvenator on the performance properties of RAP mixtures / M. S. H. Khan, M. W. Wiczak // Construction and Building Materials. – 2013. – Vol. 40. – P. 960–968.
- 5 **Xie, J.** Evaluation of geometric structure of rejuvenated asphalt mixture using digital image analysis / J. Xie, Z. You // Journal of Materials in Civil Engineering. – 2014. – Vol. 26, is. 9. – P. 04014054.
- 6 **Zaman, M.** Performance evaluation of a recycled asphalt pavement in Ontario: laboratory and field studies / M. Zaman, S. Tighe // Construction and Building Materials. – 2015. – Vol. 82. – P. 169–177.
- 7 **Lee, S. Y.** Laboratory and field testbed evaluation of the performance of recycled asphalt mixture using high-penetration asphalt / S. Y. Lee, Y. M. Kim, T. H. M. Le // Buildings. – 2023. – Vol. 13, is. 2. – P. 529.
- 8 Investigation of the properties of reclaimed asphalt pavement mixtures using rejuvenator and warm mix additives / H. Wen [et al.] // Construction and Building Materials. – 2019. – Vol. 217. – P. 11–19.